

应用航天遥感信息对黄、渤海 冬季初级生产力的估算*

刘宝银

(国家海洋局第一海洋研究所)

提 要

本文根据黄、渤海航天遥感信息,将这两个海区的叶绿素 a 含量的遥感数据与同期实测数据进行了比较研究,求得两种数据的相关系数为 0.85。本文还对遥感原始处理图象作几何纠正,并将它转换成黄、渤海区叶绿素 a 含量分布线图解译图。并进一步应用真光层初级生产力的经验式,计算得到了黄、渤海 23 个水域的冬季初级生产力值。

海洋初级生产力的测定,是海洋生态系研究、海洋渔业和海水养殖开发研究的基础工作之一。这项工作在我国是最近几年才开始进行的,至于应用航天遥感技术大面积测定海洋初级生产力的研究则更是一个全新的课题。

用航天遥感技术测定海洋初级生产力,比采用传统的常规方法调查测定有明显的优越性,它可以大大地节省人力,缩短测定时间,而且可以得到大面积、同步性资料。

七十年代末期以来,世界海洋遥感技术有了迅速进展。1978年10月雨云卫星7号(NIMBUS₇)入轨后,其所载海岸带水色扫描仪(CZCS)提高了研究海洋水色的能力。随之来自空间的黄、渤海叶绿素遥感信息日益增加,为估算海洋初级生产力创造了条件。

本文根据航天遥感叶绿素 a 含量的信息,对黄、渤海的初级生产力进行大面积估算,并与同期实测资料进行了对比研究。

海岸带水色扫描仪及其资料分析

关于航天遥感叶绿素 a 含量的基础研究,Clarke (1970)^[6] 和 Szekiolda (1976)^[5] 等均有过详细报道(参看图 1 和图 2),本文不再赘述。

本文分析的资料,主要是根据雨云卫星 7 号所载海岸带水色扫描仪所获得的遥感信息,为此对这种仪器的特性作一简单介绍。该种传感器主要使用可见光波段,其扫描镜倾斜 ± 350 毫弧度,扫描是沿着星下点的前后移动,以此避开了海面对阳光的镜面反

* 研究中作者曾与薛德镛、毛兴华、费尊乐、张坤诚、吕培顶、朱明远等同志进行了有益的讨论,并得到他们的帮助,谨此深表谢意。

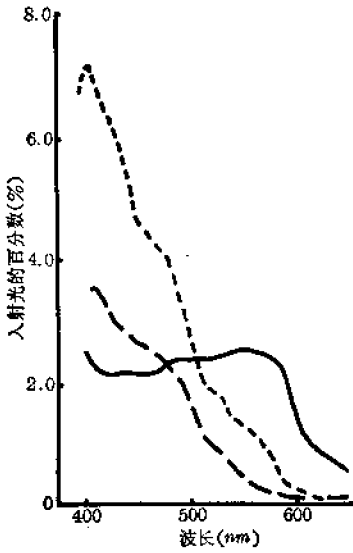


图1 从不同叶绿素含量的海域上空获得的后向散射光谱的比较^[10]
 ——高叶绿素含量(>4mg/m³)
 ---低叶绿素含量(0.3mg/m³)
 -·-·-极低叶绿素含量(<0.1mg/m³)

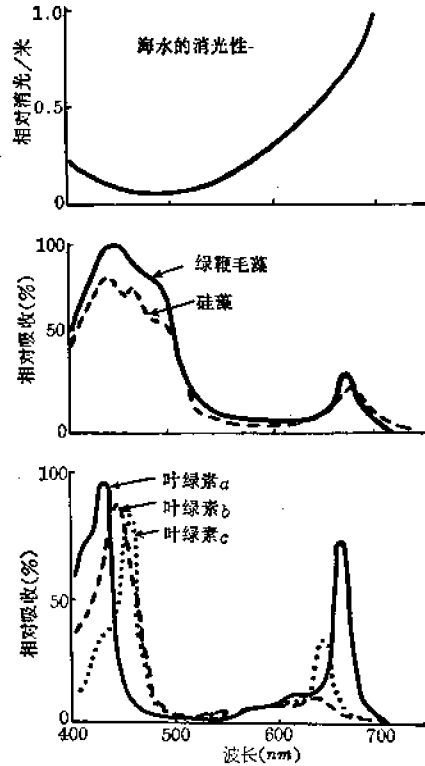


图2 海水消光性,叶绿素与浮游植物的光谱特性

射。在它的六个通道中,443毫微米波段是叶绿素吸收作用最强烈的波段,而550毫微米波段是“转折点”的中心,即吸收作用最低的波段,它们之间的比辐射率,与海水表层叶绿素含量密切相关。因此,CZCS是目前遥感水色与叶绿素比较有效的遥感器。

在冬季,黄、渤海区云雾相对较少,大气透明度较高;又值枯水季节,江河入海泥沙也相应减少。因此,这时的黄、渤海区的卫星资料经过处理,能够提供丰富的信息。佐佐木保德用经验式(1)^[4]对黄、渤海 CZCS 资料(如图3)进行了处理,结果是满意的。

$$\lg[\text{Chl}_a] = -0.297 - 1.269 \lg \left(\frac{L_{\lambda 443}^{443}}{L_{\lambda 550}^{550}} \right) \tag{1}$$

式中: Chl_a——叶绿素 a 含量(毫克/米³);
 L_λ——海面正上方上行辐亮度;
 443、550——波长(毫微米)。



图3 原始处理图象^[4](原图为彩色)
(海区中绿色色调愈浅相应叶绿素 a 含量愈高)

检 验 与 解 译

虽然遥感到的海水叶绿素 a 含量是表层的,但对黄、渤海水域来讲,由于冬季海水垂直混合较强,表、中、底层叶绿素 a 含量大体相同^[2]。

同一水域里,叶绿素 a 含量虽然随季节、年际与气象水文等因子有着一定的变化,但在同期性里大体分布态势是较为一致的。对此,作者将同期性实测资料与遥感资料进行如下区域性的相关分析。

将表 1 所列数据分别代入下式

$$D = a + bD' \quad (2)$$

运算得出一元线性回归方程为

$$D = -0.13 + 1.4242D'$$

拟合度检验 $r = L_{DD'}/\sqrt{L_{DD} \cdot L_{D'D'}} = 0.85$

由拟合度 γ 和图 4 与图 5 可知,从量值上,海区叶绿素 a 含量的遥感数据与实测值之间的相关性很好。

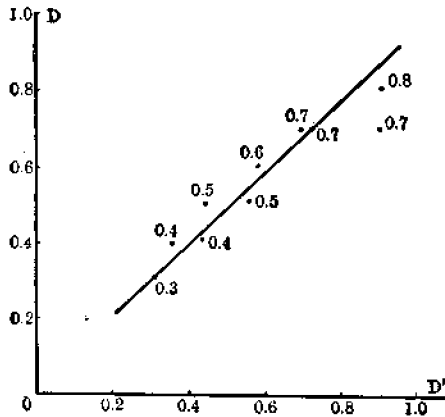


图4 叶绿素 a 含量遥感数据与实测值之间对应关系

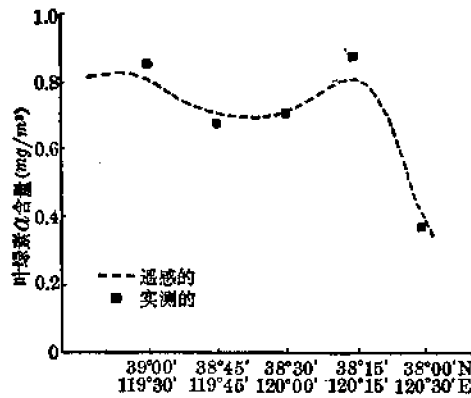


图5 图象典型剖面的叶绿素 a 含量与相应剖面上实测值水平变化曲线

表1 叶绿素 a 的遥感数据与同期性实测值*

单位:毫克/米³

点 位	遥 感 数 据 (D)	实 测 值 (D')	点 位	遥 感 数 据 (D)	实 测 值 (D')
1	0.6	0.585	14	0.7	0.700
2	0.8	0.855	15	0.7	0.750
3	0.7	0.855	16	0.7	1.140
4	0.7	0.705	17	0.4	0.440
5	0.7	0.890	18	0.4	0.920
6	0.8	1.275	19	0.8	0.870
7	0.6	0.720	20	0.3	0.300
8	0.7	1.180	21	0.4	0.370
9	0.8	0.855	22	0.5	0.440
10	0.7	0.680	23	0.7	1.210
11	0.7	1.120	24	0.3	0.350
12	0.5	0.520	25	0.6	0.830
13	0.5	0.410	26	0.3	0.330

* 刘宝银、毛兴华、费尊乐等,1983。航天遥感渤海叶绿素 a 浓度信息的分析研究。

当然,在这里所采用的同期性实测资料,并非完全理想化的同步性资料。因为获得点位间资料仍然存在一个时差问题,尽管在短周期内不至产生偏差较大的变化,但这完全有可能成为降低上述拟合度 γ 的因素之一。

有鉴于此,作者将原始处理图象经几何纠正,而后转换成线画解详图(参看图6)。

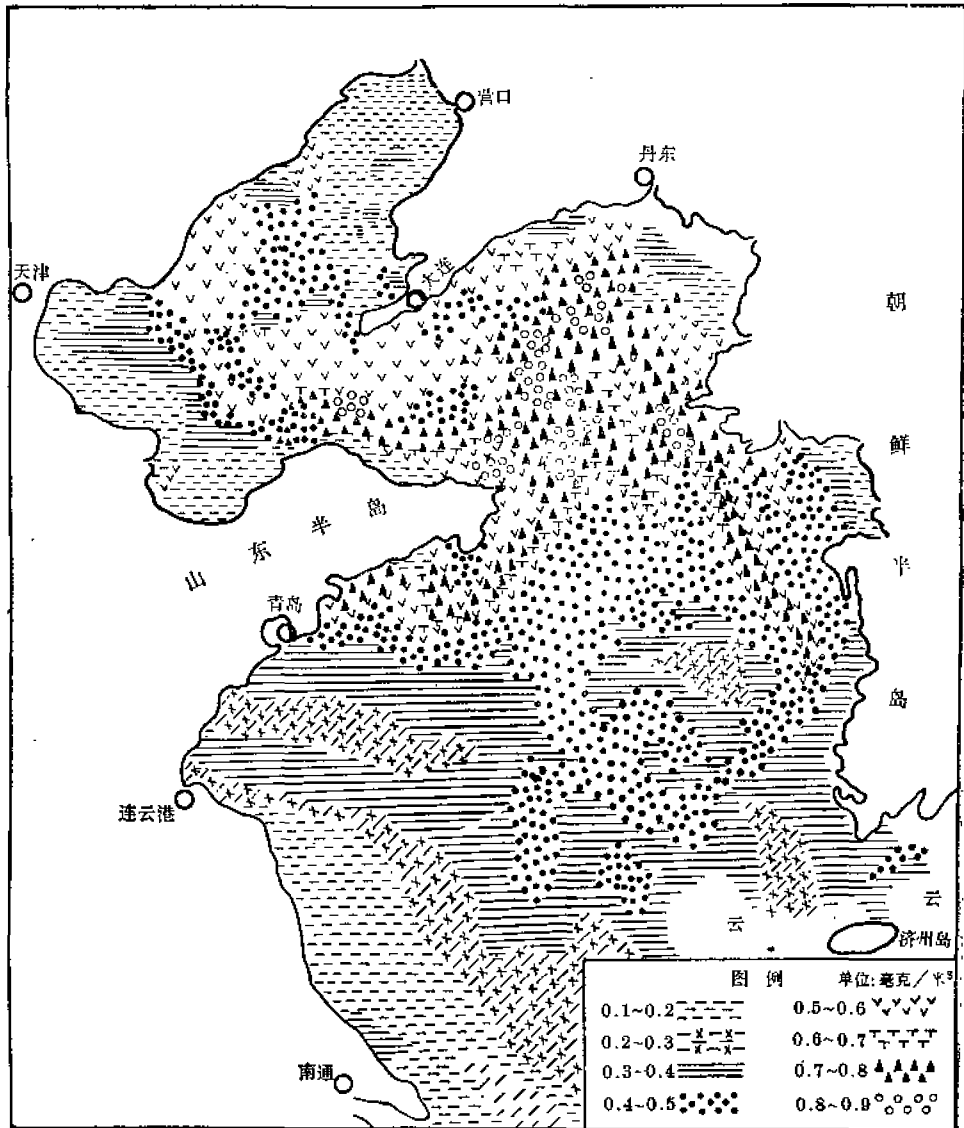


图6 解译图(据雨云-7 CZCS 1980. 2. 16)

黄、渤海初级生产力的估算

根据 Cadée 与 Hegeman^[8]提出的计算真光层初级生产力的公式为:

$$P = \frac{pp \cdot E \cdot D}{2} \quad (3)$$

式中 P——现场每日初级生产力(毫克碳/米²·日);

pp——表层水样潜在生产力(毫克碳/米²·小时), 可以由表层叶绿素 a 含量计算得到;

E——真光层深度,可以取塞克圆盘透明度读数的3倍(米);

D——从日出到日落的日照时间(小时)。

海水叶绿素 a 与初级生产力有明显的相关性。一般得到的表层初级生产力与叶绿素 a 的平均比值为 3.7,根据 3.7 这一同化系数代入(3)式,对黄、渤海 21 个水域及 2 个海平均初级生产力值进行计算结果如表 2 与图 7 所示。

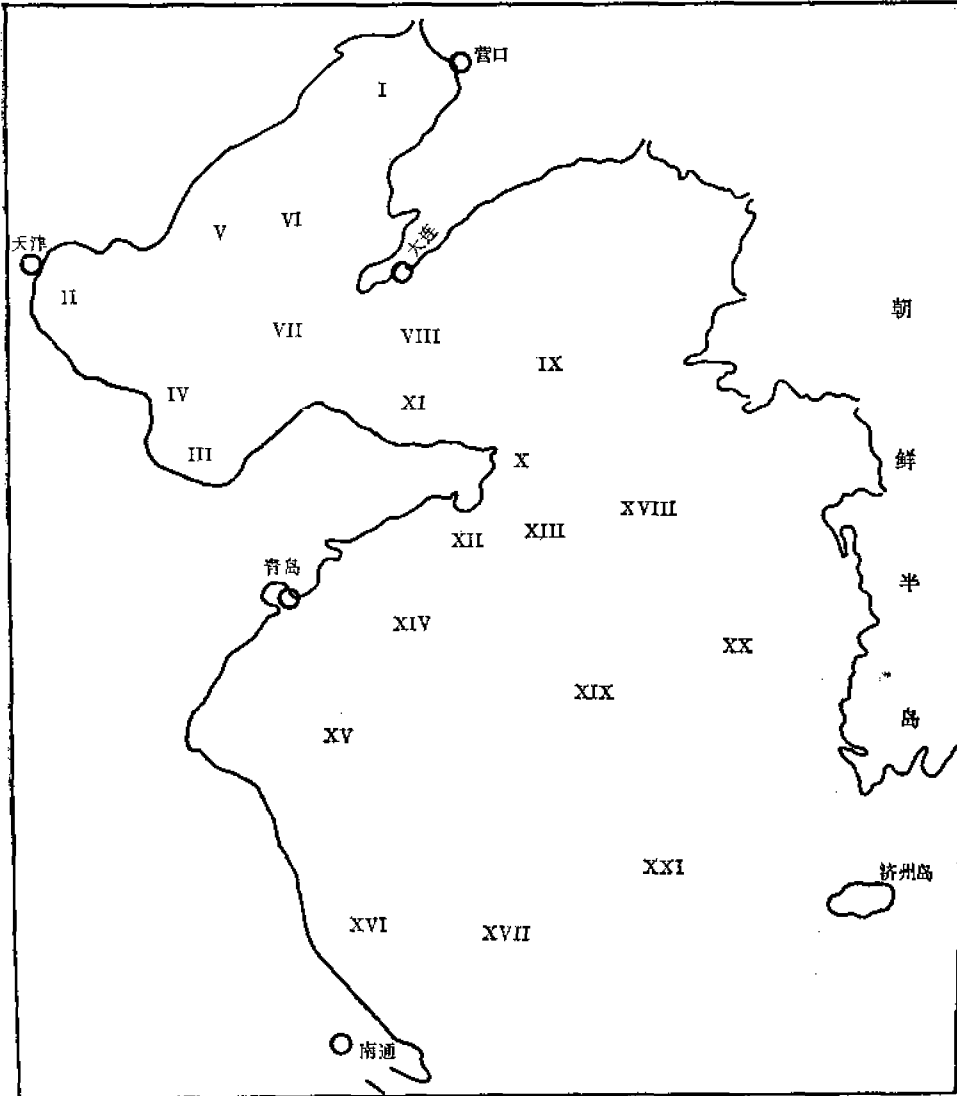


图 7 黄、渤海水域冬季生产力分布图

- I. 辽东湾 II. 渤海湾 III. 莱州湾 IV. 黄河口外 V. 渤海西岸中部 VI. 渤海中央北部
- VII. 渤海中央 VIII. 渤海海峡东部 IX. 北黄海中央南部及其以西 X. 成山头附近 XI. 烟威近海
- XII. 石岛沿岸 XIII. 石岛近海 XIV. 青岛外海 XV. 海州湾 XVI. 苏北沿岸
- XVII. 苏北浅滩外缘 XVIII. 南黄海中央北部 XIX. 南黄海中央 XX. 南黄海中央东部
- XXI. 济州岛西北部 XXII. 渤海 XXIII. 黄海

表 2 根据遥感叶绿素 a 含量计算得到的黄、渤海水域生产力值

序号	海 区	日照时间 (小时)	平均叶绿素 a (毫克/米 ³)	平均透明度 (米)	平均表层生产力 (毫克碳/米 ³ ·小时)	水域生产力 (毫克碳/米 ² ·日)
I	辽东湾	10.8	0.2	0.9	0.74	10.69
II	渤海湾	10.9	0.2	0.8	0.74	9.68
III	莱州湾	10.9	0.2	2.7	0.74	32.67
IV	黄河口外	10.9	0.3	0.6	1.11	10.79
V	渤海西岸中部	10.8	0.6	1.3	2.22	46.75
VI	渤海中央北部	10.8	0.5	1.3	1.85	38.96
VII	渤海中央	10.8	0.5	1.7	1.85	50.95
VIII	渤海海峡东部	10.9	0.6	6.1	2.22	221.41
IX	北黄海中央南部及其以西	10.9	0.7	9.3	2.59	393.82
X	成山头附近	10.9	0.6	2.2	2.22	79.85
XI	烟威近海	10.9	0.8	3.5	2.96	169.39
XII	石岛沿岸	10.9	0.5	1.8	1.85	54.45
XIII	石岛近海	11	0.7	4.4	2.59	188.03
XIV	青岛外海	11	0.5	5.4	1.85	164.84
XV	海州湾	11	0.3	3.8	1.11	69.60
XVI	苏北沿岸	11.1	0.2	0.7	0.74	8.62
XVII	苏北浅滩外缘	11.1	0.3	1.5	1.11	27.72
XVIII	南黄海中央北部	11	0.5	10.4	1.85	317.46
XIX	南黄海中央	11	0.5	8.3	1.85	253.36
XX	南黄海中央东部	11	0.3	8.9	1.11	163.00
XXI	济州岛西北部	11	0.4	8.5	1.48	207.57
XXII	渤海	10.8	0.36	1.3	1.332	28.05
XXIII	黄海	11	0.49	5.3	1.813	158.55

从表 2 中可以看出,渤海二月中旬的表层初级生产力,以渤海中央最高,渤海西岸中部次之,再次之是渤海中央北部,余下 4 个水域中渤海湾最低。黄海二月中旬的表层初级生产力,以北黄海中央南部及其以西最高,南黄海中央北部次之,再次之为南黄海中央,余下 11 个水域中苏北沿岸最低。

将黄海和渤海平均初级生产力值进行比较,可以发现黄海相对较高,它约为渤海的 6 倍。

但从黄、渤海整个水域的初级生产力,冬季生产力值相对其他季节要低得多。这两个海区的最高值分别在渤海中央与北黄海中央南部及其以西,而最低值分别在渤海湾与苏北沿岸,这主要是因透明度不同造成的。

结 语

据知正在改进的海岸带水色扫描仪(CZCS-3),将增加更多的可见光通道,能以更高的精度监测海水中叶绿素含量及其水平梯度分布。当随着海区遥感资料的增加与信息处理的计算机软件开发,必将出现快速、大面积研究海洋初级生产力的广阔前景。这对于我国海洋水产区划、渔情分析将提供有意义的依据。同时,鉴于邻近我国的海区及其毗连的大洋区水系配置的复杂情况,应用遥感技术监测和估算海洋生产力的工作,有必要进一步

加强。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院紫金山天文台, 1979. 一九八〇年中国天文年历. 科学出版社.
- [2] 朱明远等, 1982. 秋季渤海水域中叶绿素含量的测定及初级生产力的估算. 海洋湖沼通报, 3: 42—46.
- [3] Cadèa, G. C. and Hegeman, J., 1974. Primary Production of Phytoplankton in the Dutch Wadden Sea. *Netherland Journal of Sea Research*, 8(2): 240—259.
- [4] Yasunori Sasaki et al., 1982. Studies on the Optical Properties of Seawater. *Technical Reports of Japan Marine Science and Technology Center*, 9: 102—111.
- [5] Szekielda, K. H. and Duvall, J. T., 1976. Pattern Recognition of Suspended Material. *Journal Du Conseil*, 36(3): 182—195.
- [6] Clarke, G. L., 1970. Spectra of the Backscattered Light from the Sea Obtained from Aircraft as a Measure of Chlorophyll Concentrations. *Science*, 167: 1119—1121.
- [7] Johnson, R. W., 1978. Mapping of Chlorophyll: A Distributions on Coastal Zones. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 44(5): 617—624.

ESTIMATING THE PRIMARY PRODUCTIVITY OF THE HUANG HAI AND BO HAI SEAS BY USING SATELLITE REMOTE SENSING DATA

Liu Baoyin

(*First Institute of Oceanography, National Bureau of Oceanography*)

Abstract

It has long been a difficult task to use old methods to estimate rapidly and synoptically the primary productivity of sea waters. The satellite remote sensing data has been used to analyse the chlorophyll-a content in the Huang Hai and Bo Hai Seas in this paper. It demonstrates that the correlation between the satellite-derived content and the measured content of the both seas in the same month seems very close, i. e., the distribution pattern of chlorophyll-a agree with the accumulated knowledge from the productive practice for many years. Hence, the originally processed-image has been rectified by the geometric deformation, a symbolic chart for interpreting the chlorophyll-a content distribution is obtained. Based on the above work, the values for primary productivity in the euphotic layer of 23 waters in Huang Hai and Bo Hai Seas are calculated by using the empirical formula. It is obvious that this work should be considered important not only to science, but also in directing the fisheries and mariculture.